

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Naufal Anshari Usman

NIM : 20140130175

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir berjudul "**Analisis Tegangan Pipa dan Defleksi pada Jalur Penghubung Reaktor (RE-101) pada *Vinylchloride Monomer (VCM) Plant* PT Asahimas Chemical dengan Menggunakan *Software CEASAR II 2016***" ini adalah asli hasil karya saya sendiri dan terbebas dari plagiarisme, apabila pernyataan ini terbukti tidak benar saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, 20 - 08 - 2018

METERAI
TEMPEL
LAAB9AFF065B90849
6000
ENAM RIBURUPIAH

Naufal Anshari Usman

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Naufal Anshari Usman

NIM : 20140130175

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Universitas : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir berjudul “**Analisis Tegangan Pipa dan Defleksi pada Jalur Penghubung Reaktor (RE-101) pada Vinylchloride Monomer (VCM) Plant PT Asahimas Chemical dengan Menggunakan Software CEASAR II 2016**” ini adalah asli hasil karya saya sendiri dan terbebas dari plagiarisme, apabila pernyataan ini terbukti tidak benar saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Yogyakarta, _____

Naufal Anshari Usman

MOTTO

“Tidak perlu menunjukkan kebaikanmu kepada orang-orang, karena yang menyukaimu tidak memerlukannya dan yang membencimu tidak akan mempercayainya”. - Ali Bin Abi Thalib

“Jangan pedulikan apa yang negara lakukan kepadamu, pedulikan apa yang kamu lakukan kepada negara”. - John F Kennedy

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah S.W.T, atas segala rahmat, hidayah, barokah dan inayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tesis sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar Master di Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada yang berjudul ” **ANALISIS TEGANGAN PIPA DAN DEFLEKSI PADA JALUR PENGHUBUNG REAKTOR (RE-101) PADA VINYLCHLORIDE MONOMER (VCM) PLANT PT ASAHIMAS CHEMICAL DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE CEASAR II 2016** “

Peran sistem perpipaan dalam dunia industri sangatlah penting. Fungsi sistem perpipaan adalah mengalirkan fluida dari suatu titik ke titik lainnya. Namun dalam perancangannya dimungkinkan terjadi *overstress*. Ada tiga kriteria yang dapat menyebabkan terjadinya *overstress* yaitu diameter yang besar, temperatur tinggi, dan tekanan yang besar. Salah satunya yaitu jalur penghubung RE-101 pada *VCM plant* PT Asahimas Chemical.

Perancangan ini membandingkan nilai tegangan dan defleksi yang terjadi terhadap tegangan dan defleksi ijin. Diharapkan dengan perhitungan analisis tegangan dan defleksi ini mampu mencegah terjadinya *overstress* dan defleksi berlebih yang dapat menyebabkan kegagalan fungsi pada instalasi perpipaan.

Penyusunan laporan ini tidak lepas dari peran, dukungan dan doa, serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada : Tito Hadji Agung Santosa S.T., M.T., Muhammad Budi Nur Rahman, S.T., M.Eng., dan Drs. Sudarisman, M.S.Mechs., PhD selaku dosen pembimbing dan penguji yang dengan sabar membimbing, memotivasi, mengarahkan dan memberi masukan untuk kebaikan penelitian ini. Terima kasih juga kepada pengelola Prodi yang telah memfasilitasi dan memacu penulis untuk menyelesaikan studi.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat pada penulisan tugas akhir ini sehingga segala bentuk kritik dan saran yang membangun untuk membuat penulisan ini lebih baik kedepannya..

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih.

Yogyakarta, Juli 2018

Naufal Anshari Usman

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
MOTTO	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR NOTASI	xix
DAFTAR SINGKATAN	xxi
DAFTAR LAMPIRAN	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	4
2.1. Tinjauan Pustaka.....	4
2.2. Sistem perpipaan.....	4
2.2.1. Pipa	5
2.2.2. <i>Fitting</i>	8
2.2.3. Metode Penyambungan Pada Komponen Sistem Perpipaan.....	17
2.2.4. Penentuan tebal pipa	19
2.2.5. Penentuan <i>rating</i> pada sistem perpipaan.....	21
2.2.6 Penyangga Pipa.....	22
BAB III ANALISIS TEGANGAN PIPA	29
3.1 Definisi Analisis Tegangan Pipa.....	29

3.2 Teori Dasar Tegangan-Regangan.....	29
3.3 Tegangan Normal.....	32
3.4 Tegangan Geser	34
3.5 Tegangan Pada Pipa.....	35
3.6 Kode Standar Desain Perpipaan.....	40
3.7 Kategori Tegangan Pada Sistem Perpipaan	40
3.8 Fleksibilitas	46
3.9 Stress Intensification Factor (SIF)	47
3.10 Defleksi (<i>displacement</i>)	47
3.10.1 Defleksi pada sistem perpipaan.....	48
3.10.2 Tegangan dan Defleksi Karena Beban Bobot Mati.....	49
BAB IV APLIKASI CAESAR II 2016	56
4.1 Definisi Caesar.....	56
4.2 Permodelan Sistem Perpipaan.....	56
BAB V METODOLOGI.....	69
5.1 Diagram Alir Proses Analisis Tegangan Pipa.....	69
5.2 Persiapan Permodelan Sistem Perpipaan	70
5.2.1 Penggunaan <i>Software</i> Untuk Permodelan	70
5.2.2 <i>Standard</i> dan <i>Code</i> yang Digunakan	71
5.2.3 Data-data untuk Permodelan	71
5.2.4 Penentuan <i>Loadcase</i>	80
5.2.5. Penentuan Satuan Pada <i>CAESAR II 2016</i>	80
5.2.6 Data Properti	81
BAB VI HASIL DAN PEMBAHASAN	83
6.1 Pembuatan Model Sistem Perpipaan.....	83
6.1.1 Error Checking.....	83
6.1.2 Visualisasi Permodelan	84
6.2 Hasil Perhitungan.....	85
6.2.1 Analisis Tegangan.....	85
6.2.2 Defleksi	86
6.3 Modifikasi Pada Sistem Perpipaan	93
6.3.1 Analisis Tegangan.....	98
6.3. Defleksi	99
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	102

7.1. Kesimpulan	102
7.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Crossflow tee.....	9
Gambar 2.2 Equal tee.....	9
Gambar 2. 3 Lateral tee.....	9
Gambar 2.4 Stub-in.....	10
Gambar 2.5 Jenis-jenis elbow.....	11
Gambar 2.6 Concentric reducer dan eccentric reducer.....	12
Gambar 2.7 Jenis-jenis cap.....	12
Gambar 2.8 WN flange.....	13
Gambar 2.9 Slip-on flange.....	13
Gambar 2.10 Lap joint flange.....	14
Gambar 2.11 Flange tipe ulir.....	14
Gambar 2.12 Socket flange.....	15
Gambar 2.13 Reducing flange.....	15
Gambar 2.14 Blind flange.....	16
Gambar 2.15 Mekanisme katup.....	17
Gambar 2.16 Contoh Sambungan Butt-Welding.....	18
Gambar 2.17 Contoh Sambungan Socket-Welding.....	18
Gambar 2.18 Contoh Sambungan Screwed/Threaded.....	19
Gambar 2.19 Bentuk penyangga struktur.....	23
Gambar 2.20 Penyangga kaki bebek.....	24
Gambar 2.21 Penyangga tipe bracket.....	24
Gambar 2.22 Pipe sleeper.....	25
Gambar 2.23 Jenis-jenis pipe hanger.....	26
Gambar 2.24 Low support.....	26
Gambar 2.25 Variable support.....	27
Gambar 2.26 Constant support.....	28
Gambar 3.1 Contoh bentuk regangan.....	29
Gambar 3.2 Grafik Tegangan-Regangan.....	31
Gambar 3.3 Gaya tarik pada benda uji.....	32

Gambar 3.4 Tegangan tekan	32
Gambar 3.5 Momen lentur pada balok	33
Gambar 3.6 Gaya geser pada bidang silinder	34
Gambar 3.7 Momen puntir yang terjadi pada benda silinder.....	35
Gambar 3.8 Tegangan akibat gaya aksial	36
Gambar 3.9 Tegangan akibat momen bending dan torsi	37
Gambar 3. 10 Tegangan longitudinal pada pipa	38
Gambar 3. 11 Tegangan sirkumferensial atau hoop stress	39
Gambar 3.12 Contoh fleksibilitas	46
Gambar 3.13 Stress intensification factor	47
Gambar 3.14 Pipe span	48
Gambar 3.15 Tumpuan sederhana	49
Gambar 3.16 Tumpuan jepit	50
Gambar 4.1 Tampilan sistem unit pada CAESAR II 2016	57
Gambar 4.2 New file	58
Gambar 4.3 Tampilan Data Input Sistem Perpipaan.....	58
Gambar 4.4 Node	59
Gambar 4.5 Bend	59
Gambar 4.6 Rigid.....	60
Gambar 4.7 Reducer.....	60
Gambar 4.8 Tee.....	61
Gambar 4.9 Jenis restraint pada CAESAR II 2016.....	62
Gambar 4.10 Restraint arah X,Y, dan Z.....	62
Gambar 4.11 Uniform load	62
Gambar 4.12 Wind /wave	63
Gambar 4.13 Tampilan pemeriksaan kesalahan model.....	65
Gambar 4.14 Beberapa loadcase dan standard reprot.....	66
Gambar 4.15 Contoh stress report pada loadcase sustain stress	66
Gambar 4.16 Keterangan Warna Yang Menunjukkan Rasio Tegangan Maksimum Terhadap Tegangan Ijin Jalur Pipa	67

Gambar 4.17 Contoh hasil perhitungan beserta distribusi tegangan pada model .	68
Gambar 5.1 Diagram alir.....	69
Gambar 5.2 Diagram alir lanjutan.....	70
Gambar 6.1 Error checking	83
Gambar 6.2 Visualisasi pemodelan.....	84
Gambar 6.3 Penambahan gap pada support 70 dan 120	93
Gambar 6.4 Penambahan gap pada support 180	94
Gambar 6.5 Penambahan support baru pada nodal 235 dan 425	95
Gambar 6.6 Penambahan support baru pada nodal 765	95
Gambar 6.7 Penambahan support pada nodal 715 dan 745	96
Gambar 6.8 Letak support baru pada nodal 1065 dan 1067	96
Gambar 6.9 Letak support baru pada nodal 900	97
Gambar 6.10 Letak support baru pada nodal 195	97
Gambar 6.11 Letak support baru di nodal 880.....	98

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel rating pada tube.....	7
Tabel 2.2 Tabel rating pada tube.....	8
Tabel 2.3 Tabel A-1 tegangan izin material.....	21
Tabel 2.4 <i>Rating</i> tekanan-suhu pada <i>flange</i>	22
Tabel 3. 1 Siklus termal pada pipa	42
Tabel 3.2 Rumus tegangan untuk beberapa standar lainnya	44
Tabel 3.3 Construction Factor	45
Tabel 3.4 Temperature Derating Factor	45
Tabel 3.5 Tabel S-1 defleksi ijin pada steel pipe schedule 40	49
Tabel 4.1 Jenis loadcase yang terdapat pada CAESAR II 2016	64
Tabel 5.1 Tabel piping materials classification B1P1.....	72
Tabel 5. 2 Tabel spreadsheet VK 174 dan VK 408.....	74
Tabel 5. 3 Tabel spreadsheet VK 070	75
Tabel 5.4 Tabel spreadsheet VK 070	76
Tabel 5.5 Tabel spreadsheet VK 070, VK 167, dan VK 071	77
Tabel 5. 6 Tabel spreadsheet VK 169, VK 608, VK 604, dan VK 603	78
Tabel 5.7 Tabel spreadsheet VK 603, VK 410, dan VK 004.....	79
Tabel 5. 8 Jenis loadcase yang digunakan pada pemodelan sistem perpipaan	80
Tabel 5.9 Satuan yang akan digunakan pada pemodelan.....	81
Tabel 5.10 Data properti pada pemodelan	82
Tabel 6.1 Nilai tegangan yang terjadi pada sistem perpipaan.....	85
Tabel 6.2 Nilai defleksi untuk tumpuan sederhana dan jepit pada NPS pipa yang berbeda	89
Tabel 6.3 Nilai defleksi maksimum yang terjadi pada sistem perpipaan.....	92
Tabel 6.4 Nilai tegangan setelah dilakukan modifikasi pada sistem perpipaan....	99

Tabel 6. 5 Nilai defleksi maksimum setelah dilakukan modifikasi 100

DAFTAR NOTASI

%	= Persen
(g)	= gauge
A	= Luas penampang (mm^2)
Cl^2	= Gas klorin
D_i	= Diameter dalam pipa (mm)
E	= Modulus elastisitas (Pa)
E_a	= Modulus elastisitas pada kondisi awal/ dingin (Pa)
Et al	= <i>Et alii</i> (dan lainnya)
EXP	= Tegangan ekspansi
F	= Gaya Aksial (N)
F_{AX}	= Gaya aksial (N)
HCl	= Asam klorida
I	= Momen inersia penampang pipa (m^4)
i_i	= <i>In-plane</i> SIF
In	= Inchi
i_o	= <i>Out-plane</i> SIF
J	= Momen inersia polar (mm^4)
M_{\max}	= Momen lentur maksimum (N.m)
M_o	= <i>Outplane bending moment</i> (N.mm)
Mpa	= <i>Mega Pascal</i>
M_t	= Momen torsional (N.mm)
M_y, M_z	= Momen lentur pada penampang pipa (N.mm)

N	= <i>Newton</i>
NaOH	= Natrium hidroksida
OCC	= Tegangan <i>occasional</i>
OD	= <i>Outside diameter</i>
OPE	= Tegangan oleh beban operasi
P	= Tekanan (N/mm ² atau Mpa)
Pa	= Pascal
RE	= Reaktor
S_A	= <i>Allowable stress range</i> (kPa)
S_b	= <i>Resultan bending stress</i> (kPa)
S_b	= Tegangan longitudinal akibat momen lentur (kPa)
Sch	= Schedule
S_E	= <i>Displacement stress range</i> (kPa)
S_H	= Basic allowable stress pada suhu operasi (kPa)
S_{LX}	= Tegangan longitudinal (N/mm ²)
S_t	= <i>Torsional stress</i> (kPa)
STD	= <i>Standard schedule</i>
SUS	= Tegangan <i>sustain</i>
t	= Tebal dinding pipa (mm)
T	= Torsi (N.mm)
W	= Beban berat pipa, fluida, dll dalam satuan berat (kg/m)
WIN	= Beban angin

DAFTAR SINGKATAN

ANSI = *American National Standard Institute*

API = *American Petroleum Institute*

ASME = *American Society Mechanical Engineering*

ASTM = *American Standard Testing Material*

BWG = *Birmingham Wire Gauge*

DIN = *Deutsches Institut für Normung*

EDC = *Ethylene dichloride*

GRE = *Glass Reinforced Epoxy*

LJ = *Lap joint*

LR = *Long radius*

NPS = *Nominal Pipe Size*

PVC = *Poilivinyll Chloride*

SIFs = *Stress Intensification Factor*

SO = *Slip-on*

SR = *Short radius*

TUV = *Technischer Überwachungsverein*

VCM = *Vinylchloride monomer*

WN = *Weld-neck*

XS = *Xtra strong*

XSS = *Double xtra strong*

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 ASME B31.3	107
Lampiran 2 ASME B31.3 Lanjutan	108
Lampiran 3 Piping Materials Classification B1P1	109
Lampiran 4 Piping materials classification B1P1 lanjutan	110
Lampiran 5 Gambar isometri dengan kode VK-174.....	111
Lampiran 6 Gambar isometri dengan kode VK-408.....	111
Lampiran 7 Gambar isometri dengan kode VK-410.....	111
Lampiran 8 Gambar isometri dengan kode VK-004.....	111
Lampiran 9 Gambar isometri dengan kode VK-071	111
Lampiran 10 Gambar isometri dengan kode VK-409	111
Lampiran 11 Gambar isometri dengan kode VK-608.....	111
Lampiran 12 Gambar isometri dengan kode VK-604.....	111
Lampiran 13 Gambar isometri dengan kode VK-603	111
Lampiran 14 Gambar isometri dengan kode VK-063	111
Lampiran 15 Gambar isometri dengan kode VK-167	111
Lampiran 16 Gambar isometri dengan kode VK-070.....	111